

PAT-NO: JP409092906A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09092906 A

TITLE: MAGNETORESISTANCE EFFECT DEVICE AND MAGNETIC FIELD
DETECTING EQUIPMENT

PUBN-DATE: April 4, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

YAOI, TOSHIHIKO

INT-CL (IPC): H01L043/08, C23C014/34 , G11B005/39 , H01F010/08

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a magnetoresistance effect device which shows linear bias characteristics wherein dynamic range is sufficient and noise is little, with excellent reproducibility, when the element is operated by a sense current wherein MR decrease due to heat generation is little.

SOLUTION: In a GMR element 20, a soft magnetic material layer 14 for applying a bias, a non-magnetic intermediate layer 13, a magnetic buffer layer 16 and an artificial grid magnetoresistance film (GMR layer) 12 wherein conductive layers 12a and magnetic layers 12b are alternately formed are formed in this order.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

----- KWIC -----

Abstract Text - FPAR (2):

SOLUTION: In a GMR element 20, a soft magnetic material layer 14 for applying a bias, a non-magnetic intermediate layer 13, a magnetic buffer layer 16 and an artificial grid magnetoresistance film (GMR layer) 12 wherein conductive layers 12a and magnetic layers 12b are alternately formed are formed in this order.

Application Date - APD (1):

19950922

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-92906

(43) 公開日 平成9年(1997)4月4日

(51) Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 43/08			H 0 1 L 43/08	Z
C 2 3 C 14/34			C 2 3 C 14/34	P
G 1 1 B 5/39			G 1 1 B 5/39	
H 0 1 F 10/08			H 0 1 F 10/08	

審査請求 未請求 請求項の数11 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平7-269122

(22) 出願日 平成7年(1995)9月22日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 矢迫 俊彦

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

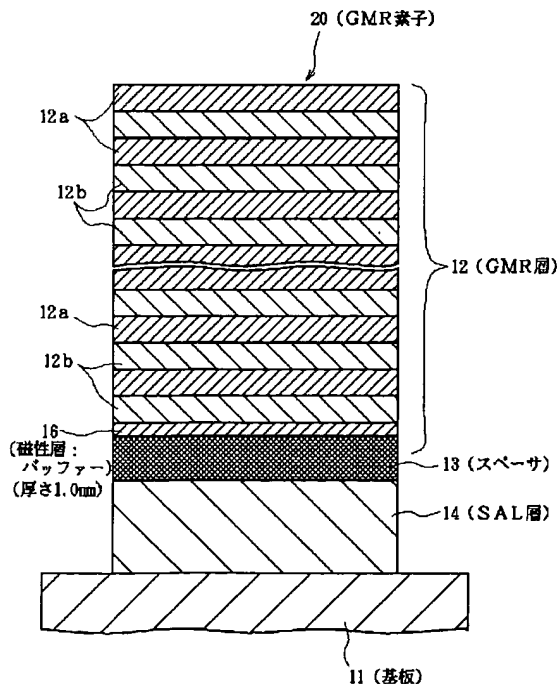
(74) 代理人 弁理士 逢坂 宏

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子及び磁界検出装置

(57) 【要約】

【課題】 発熱によるMR低下が少ないセンス電流で素子を動作させたとき、ダイナミックレンジが十分でかつノイズの少ない直線的なバイアス特性を再現性良く示す磁気抵抗効果素子を得ること。

【解決手段】 バイアス印加用軟磁性体層14と、非磁性中間層13と、磁性バッファ層16と、導体層12a及び磁性体層12bが交互に積層されてなる人工格子磁気抵抗膜(GMR層)12とがこの順に積層されているGMR素子20。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 バイアス印加用軟磁性体層と、非磁性中間層と、導体層及び磁性体層が交互に積層されて成る人工格子磁気抵抗膜とがこの順に積層されている磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 人工格子磁気抵抗膜が厚み 0.8~1.2 nm の磁性バッファ層上に積層されている、請求項1に記載した磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 人工格子磁気抵抗膜を形成する磁性層が主としてFe、Co及びNiで構成され、添加元素としてAg、B、Bi、C、Cu、Cr、Fe、Hg、Ir、Li、Mo、Na、Nb、Pb、V、Pt及びZrより選ばれる元素を 0.1~30at%含む、請求項1に記載した磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 人工格子磁気抵抗膜を形成する導体層が主としてCuで構成され、添加元素としてAg、Pt及びZrより選ばれる元素を 0.1~30at%含む、請求項1に記載した磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 バイアス印加用軟磁性体層が主としてFe、Niで構成され、添加元素としてTa、Ru、Nb及びZrからなる群より選ばれる元素を 2~7at%含む、請求項1に記載した磁気抵抗効果素子。

【請求項6】 バイアス印加用軟磁性体層が主としてCoで構成されたアモルファス軟磁性膜である、請求項1に記載した磁気抵抗効果素子。

【請求項7】 非磁性中間層が、電気抵抗の高いTa、Ti、Mo及びCrから選ばれた少なくとも1種で構成される、請求項1に記載した磁気抵抗効果素子。

【請求項8】 磁性バッファ層が主としてFe、Co及びNiで構成され、添加元素としてAg、B、Bi、C、Cu、Cr、Fe、Hg、Ir、Li、Mo、Na、Nb、Pb、V、Pt及びZrより選ばれる元素を 0.1~30at%含む、請求項2に記載した磁気抵抗効果素子。

【請求項9】 磁気抵抗効果素子としてのMR比が、発熱によるMR低下が生じない微小電流通電時におけるMR比の50%以上を示すセンス電流動作時において、十分にバイアスが印加されかつ必要な出力を生じる、請求項1に記載した磁気抵抗効果素子。

【請求項10】 請求項1~10のいずれか1項に記載した磁気抵抗効果素子を有する磁界検出装置。

【請求項11】 再生ヘッドとして構成された、請求項10に記載した磁界検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気抵抗効果素子及び磁界検出装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 磁気抵抗効果を有する磁気抵抗効果膜は、磁界を検出する磁気抵抗効果素子として、磁気セン

サ、磁気ヘッド、回転検出素子、位置検出素子等の分野において盛んに用いられている。

【0003】 磁気抵抗効果素子を磁気センサ等の磁界検出装置として応用するには、磁場に対する十分な感度を得、また十分な線形応答性を得るために、磁気抵抗効果素子に流すセンス電流と、磁気抵抗効果素子の磁化のなす角度を45度程度にするバイアス磁界印加手段とが必要である。

【0004】 このようなバイアス磁界印加手段としては、磁気抵抗効果を有する磁性層、磁気的な絶縁層及び軟磁性体層を順次積層した構造でバイアス磁界を印加できることが知られている（例えば、N. Smith, IEEE Trans. on Magn., MAG-23, 259(1987)）。

【0005】 即ち、図11に示す磁気抵抗効果素子10は、ガラス、フェライト等からなる絶縁性基板1上にスパッタ法又は蒸着法によって強磁性体からなるMR層2（磁気抵抗効果層、例えば、膜厚20~50nmのNi-Fe合金）を形成し、このMR層2上にTi、Mo、Cr、Ta等の磁気的な絶縁層3を同様の方法で形成し、更にこの絶縁層3上にNi-Fe合金又は非晶質軟磁性体層（SAL層）4を同様の方法で形成し、端子電極5a-5b間にセンス電流Iを供給するものである。

【0006】 センス電流IはMR層2、磁気的な絶縁層3、軟磁性体層4にそれぞれ分流し、MR層2及び磁気的な絶縁層3を流れる電流によって、軟磁性体層4の面内を通りかつセンス電流Iと垂直方向の磁界が発生し、この磁界によって、軟磁性体層4の磁化方向が回転する。そして、この軟磁性体層4の磁化によって生じる磁界と、磁気的な絶縁層3及び軟磁性体層4に流れる電流が生ずる磁界とが、MR層2の面内で前記の軟磁性体層4の面内の磁界とは逆向きの磁界を生じ、この磁界がバイアス磁界として作用する。

【0007】 従来、上記磁気抵抗効果膜（MR層2）としては、主にNi-Fe合金膜（いわゆるパーマロイ膜）が使用されてきた。しかし、パーマロイ膜の磁気抵抗変化率は小さく、今後一層の高密度磁気記録を図るには、感度が不十分となると思われる。

【0008】 一方、近年、異種の金属を数原子層ずつ交互に積層した人工格子膜構造の多層磁気抵抗効果膜が注目されている。その中で、Feからなる強磁性膜とCrからなる導体膜（非磁性膜）との積層体からなる人工格子膜において、数十%もの磁気抵抗変化率（以下、「巨大磁気抵抗（GMR）効果」と称することがある。）が得られることが報告され、磁気抵抗効果素子への応用が期待されている（フィジカル・レビュー・レターズ、61巻、2472ページ、1988年）。

【0009】 その後、Fe層とCr層の組み合わせ以外にも、強磁性膜をCo層、非磁性膜をCu層とした組み合わせでも巨大磁気抵抗効果が得られることが報告されている（フィジカル・レビュー・レターズ、66巻、2152

ページ、1991年)。

【0010】なお、上記のように強磁性膜と非磁性膜とが交互に積層されてなる人工格子膜構造の多層磁気抵抗効果膜において、巨大磁気抵抗効果が観測される原因としては、導体中の伝導電子を介して強磁性膜間でRKKY(ルーダーマン・キッテル・糟谷・芳田)相互作用が働き、相対する強磁性膜が反強磁性的に結合することによって反平行スピンの状態が発生し、その結果スピン依存散乱が生じるためであると考えられている。

【0011】しかしながら、このような巨大磁気抵抗効果を示す積層型のGMR膜をMR層2に使用する場合、バイアス磁界(SALバイアス)を印加するとしても、(1)SAL膜とGMR膜の磁気的特性が反磁界の観点から大きく異なること、

(2)GMR膜においては、GMR効果が電流による発熱によって大きく減少すること、

(3)GMR膜の最下部はGMR効果を示さないdead layerとなっており、これが薄い強磁性体膜としてふるまうこと。

などの積層型GMR膜固有の性質がある。

【0012】このために、発熱によるMR低下が顕著でないセンス電流で素子を動作させたとき、ダイナミックレンジが十分であり、ノイズの少ない直線的なバイアス特性を再現性良く得ることができないという問題があった。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、上記した積層膜構造を持つ巨大磁気抵抗効果膜を使用した磁気抵抗効果素子において、発熱によるMR低下が少ないセンス電流(ここで、「MR低下が少ない」というのは、動作時におけるMR比が、発熱によるMR低下が生じない微小電流通電時のMR比の50%以上を示していることを指す。)で素子を動作させたとき、ダイナミックレンジが十分でかつノイズの少ない直線的なバイアス特性を再現性良く得ることにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明者は、上記した積層膜構造を持つ巨大磁気抵抗効果膜を使用した磁気抵抗効果素子において、SAL層、非磁性スペーサ層、GMR層を適切に配置することにより、発熱によるMR低下が少ないセンス電流で素子を動作させたとき、ダイナミックレンジが十分でノイズの少ない直線的なバイアス特性を示す磁気抵抗効果素子を完成させるに至った。

【0015】即ち、本発明は、バイアス印加用軟磁性体層(SAL層)と、非磁性中間層(スペーサ層)と、導体層及び磁性体層が交互に積層されて成る人工格子磁気抵抗膜(GMR層)とがこの順に積層されている磁気抵抗効果素子に係るものである。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の磁気抵抗効果素子にお

ては、バイアス印加用軟磁性体層と非磁性中間層と磁性バッファ層と人工格子磁気抵抗膜とがこの順に積層されていることが望ましい。即ち、人工格子磁気抵抗膜が磁性バッファ層上に積層され、更にこの磁性バッファ層の厚みが0.8~1.2nmであるのがよい。

【0017】また、人工格子磁気抵抗膜を形成する磁性層が主としてFe、Co及びNiで構成され、添加元素としてAg、B、Bi、C、Cu、Cr、Fe、Hg、Ir、Li、Mo、Na、Nb、Pb、V、Pt及びZrより選ばれる元素を0.1~30at%含んでいてよい。Ni-Fe-Co以外にも、Ni-Fe、Co等が上げられるがNi膜とFe膜との積層体又はNi-Fe系合金膜で形成してもよい。

【0018】また、人工格子磁気抵抗膜を形成する導体層が主としてCuで構成され、添加元素としてAg、Pt及びZrより選ばれる元素を0.1~30at%含んでいてよい。

【0019】バイアス印加用軟磁性体層については、主としてFe、Niで構成され、添加元素としてTa、Ru、Nb及びZrからなる群より選ばれる元素を2~7at%含んでいてよい。

【0020】或いは、バイアス印加用軟磁性体層が主としてCoで構成されたアモルファス軟磁性膜であってよい。

【0021】非磁性中間層については、電気抵抗の高いTa、Ti、Mo及びCrから選ばれる少なくとも1種で構成されてよい。

【0022】更に、磁性バッファ層は、主としてFe、Co及びNiで構成され、添加元素としてAg、B、Bi、C、Cu、Cr、Fe、Hg、Ir、Li、Mo、Na、Nb、Pb、V、Pt及びZrより選ばれる元素を0.1~30at%含んでいてよい。

【0023】また、上記のような磁気抵抗効果膜は非磁性基板上に成膜されてよいが、こうした非磁性基板としては、Al₂O₃-TiC基板や、この基板上に更にAl₂O₃コーティングしたものが代表的である。その他、ガラス、ホトセラム、石英ガラス、ポリイミド等からなる基板や、エピタキシャル成長を考慮して単結晶のGaAs、Si、MgO基板等を使用することも可能である。

【0024】但し、非磁性基板のヤング率は、 1×10^9 N/m²以上であることが好ましい。ヤング率がこれより小さいと、磁気抵抗効果素子に外力が加わったとき、磁気抵抗効果膜に歪みが生じ、磁気抵抗効果が劣化し易くなる。

【0025】なお、磁気抵抗効果は、4端子法にて磁気抵抗を測定し、その変化率($\Delta \rho / \rho_0$)を算出することによって求められる(以下、同様)。

【0026】本発明の磁気抵抗効果素子は、そのMR比が、発熱によるMR低下が生じない微小電流通電時にお

けるMR比の50%以上を示すセンス電流動作時に
て、十分にバイアスが印加されかつ必要な出力を生じる
のがよい。

【0027】本発明はまた、上記した本発明に基づく磁
気抵抗効果素子を有する磁界検出装置、例えば再生ヘッ
ドも提供するものである。

【0028】

【実施例】以下、本発明を適用した具体的な実施例につ
いて図面を参照しながら説明する。

【0029】図1は、本発明の実施例による磁気抵抗効
果素子（GMR素子）20の断面構成図を示す。この素子
20の基板11には、非磁性セラミック基板が使用され、そ
の上にSAL層14、スペーサ13、GMR層12が順次成膜
されている。

【0030】SAL層14は $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{18}\text{Ta}_2$ （厚さ20nm）
からなり、スペーサ13はTa（厚さ15nm）からな
る。また、GMR層12は磁性層12aと導体層12bとを12
周期積層したものからなり、磁性層12aには層厚1.0nm
の $\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{45}\text{Co}_{35}$ が、導体層12bには層厚2.1nmの
Cuが使用されている。GMR層12は磁性層（厚さ1nm）
20、例えば $\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{45}\text{Co}_{35}$ からなるバッファ層1
6上に、（Cu/FeNiCo）人工格子膜として積層
されている。

【0031】このGMR素子20の各層は、図2に示すD
Cマグネトロンスパッタ装置を用いて成膜可能である。
図中、27はSAL層用のターゲット、28はスペーサ用の
ターゲット、29は導体層用のターゲット、30は磁性層用
のターゲット、31はシャッタ、32は基板11を下面にセッ
トする回転式基板ホルダ、33は真空容器である。

【0032】真空容器33は、シールド板（図示せず）に
よって例えば4個の独立したチャンバに分けられてお
り、各チャンバに亘るように基板ホルダ32が回転軸34を
中心に順次所定角度だけ回転する。このDCマグネトロ
ンスパッタ装置は、図示省略したマグネットによってタ
ーゲットのスパッタ効率を高めるように設計されてい
る。スパッタ条件としては、スパッタガスにはArを使
用し、ガス圧は0.3Pa、成膜速度は0.1~0.5nm/secと
する。各層の膜厚の制御は、シャッタ31の開閉制御によ
り行う。

【0033】上記のGMR素子20は、実際には、図3~
図6に示すように、例えばハードディスクドライブ用の
記録/再生一体型薄膜ヘッドにおける再生ヘッドに用い
ることができる。この再生ヘッドは素子20に電極15a及
び15bを接続して、その上下を磁性シールド19で挟み込
んだ構造からなっている。そして、その再生ヘッドは磁
気記録媒体24からの信号磁界21を再生する機能を有する
ものである。なお、図中の+、-は各磁化領域での磁
極、矢印22は磁化スピンの方向、23は媒体との対向面
（ABS面）である。

【0034】このような再生ヘッドを用いて再生動作を

行うには、対向面23を磁気テープ等の磁気記録媒体24の
記録トラックに対向させる。そして、電極15a-15b間
に磁気抵抗効果素子20を通してセンス電流Iを流し、
磁気記録媒体24の記録トラックに記録された磁界の向き
の変化によって生じる磁気抵抗の変化を電極15a及び15
b間の電圧変化として検出する。

【0035】次に、図1に示したSAL層14/スペーサ
13/バッファ層16/GMR層12（バッファ層1nm、
人工格子12周期）のGMR素子20（素子高さhは2μm、
トラック幅twは5μm）について測定したバイア
ス特性を図7に示す。横軸は外部印加磁界、縦軸は磁気
抵抗変化率ΔRを示す（以下、同様）。

【0036】これによれば、発熱によるMR低下が少な
いセンス電流（10mA）で素子を動作させたとき、シフト
量が75Oeと大きく、MR比が8%となり、ダイナミッ
クレンジが十分でノイズのない直線的なバイアス特性を
示している。

【0037】また、SAL層14/スペーサ13/バッファ
層16'/GMR層12（バッファ層3nm、人工格子12
周期）のGMR素子20'のバイアス特性を図8に示す。

【0038】これによれば、バッファ層が3nmと厚い
場合は、バッファ層そのものがSAL層として働き、
シフト量そのものは大きくなるが、ゼロ磁場付近にノイ
ズが幾分でてきてしまう。逆に、バッファ層が無い場
合は、多層膜がGMR効果を示さなくなってしまうこと
がある。

【0039】従って、SAL層が下、GMR層が上の構
造においては、図7に示すように、バッファ層の厚み
は1nmが良い。このバッファ層の厚みは3.0nm未満、
特に0.8~1.2nmであるのが望ましい。

【0040】更に、比較例として、図7とは成膜順序が
逆のGMR素子であって、バッファ層16'/GMR層12
/スペーサ13/SAL層14（バッファ層1nm、人工格
子12周期）のGMR素子20A、及び図9においてバッ
ファ層16'を3nmとしたGMR素子20A'のそれぞれの
バイアス特性を図9及び図10に示す。

【0041】これらの場合は、図7の場合の1.5倍以上
の電流を流してやっとバイアスが印加されるが、シフト
量は少なく、十分にダイナミックレンジを確保するこ
とができない。また、大電流を流すことによって発熱に
よるMR低下が顕著になってくる。この傾向はバッファ
層が厚いほど顕著である。言うまでもないが、バッファ
層が0nmのときは、多層膜がGMR効果を示さなくな
ってしまうことがある。

【0042】以上の結果より、弱い電流でバイアス印加
が可能な点から、図7に示すようにSAL層が下側でG
MR層が上側の構造の方が良いということが分かった。
但し、GMR層が下側の構造でもMR素子として使用で
きるが、その場合はバッファ層の厚みは1nmとするの
がシフト量及びMR比の点で望ましいことが図9と図10

の比較から明らかである。

【0043】以上、本発明の実施例を説明したが、上述の実施例は本発明の技術的思想に基づいて更に変形が可能である。

【0044】例えば、上述のMR素子又はヘッドにおいて、その層構成の積層数や各層の厚み、材質等は上述したものに限定されることはない。

【0045】また、上述のヘッドの構造は磁界検出ヘッドとして種々の用途に適用できるように変形することができる。

【0046】なお、上述の実施例ではDCマグネトロンスパッタ法を使用した。他のスパッタ法で成膜してもよい。また、スパッタ法に限らず、蒸着法等で成膜してもよい。

【0047】

【発明の作用効果】本発明は上述した如く、バイアス印加用軟磁性体層と、非磁性中間層と、導体層及び磁性体層が交互に積層されて成る人工格子磁気抵抗膜とがこの順に積層されているので、バイアス印加用軟磁性体が下側、人工格子磁気抵抗膜が上側の構造をとることにより、発熱によるMR低下が少ないセンス電流で素子を動作させたとき、ダイナミックレンジが十分でかつノイズの少ない直線的なバイアス特性を再現性良く示す磁気抵抗効果素子が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に基づく磁気抵抗効果素子の一例を示す概略断面図である。

【図2】同磁気抵抗効果素子の作製に使用可能なスパッタリング装置の概略斜視図である。

【図3】同磁気抵抗効果素子の具体的な断面図（図4の

III-III 線断面図）である。

【図4】図3の平面図である。

【図5】同磁気抵抗効果素子を用いた再生ヘッドの要部斜視図である。

【図6】磁気記録媒体による信号磁界の作用を示す概略斜視図である。

【図7】同磁気抵抗効果素子（バッファ層厚 1.0nm）についてのバイアス特性図である。

【図8】同磁気抵抗効果素子においてバッファ層厚を 3.0nmとしたときの同様のバイアス特性図である。

【図9】同磁気抵抗効果素子において積層順を変えた場合（バッファ層厚 1.0nm）のバイアス特性図である。

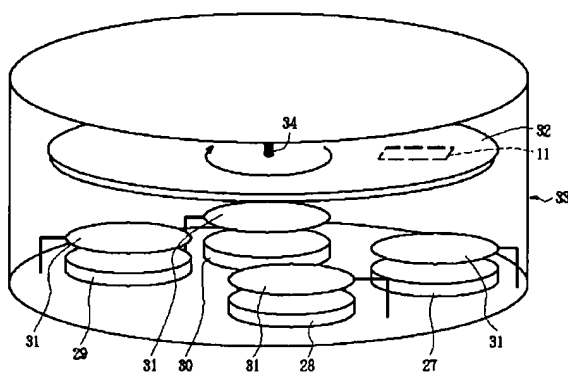
【図10】同磁気抵抗効果素子において積層順を変えた場合（バッファ層厚 3.0nm）のバイアス特性図である。

【図11】従来の磁気抵抗効果素子を示す概略断面図である。

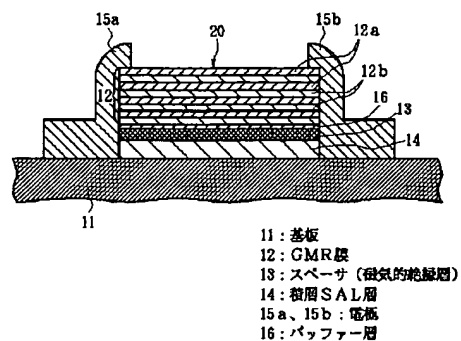
【符号の説明】

- 1、11・・・基板
- 2、12・・・磁気抵抗効果膜（GMR層）
- 3、13・・・磁氣的絶縁層（スペーサ）
- 4、14・・・軟磁性体層（SAL層）
- 5a、5b、15a、15b・・・電極
- 10、20、20'、20A、20A'・・・磁気抵抗効果素子（MR素子）
- 12a・・・軟磁性体層
- 12b・・・非磁性体層
- 16・・・バッファ層
- 21・・・磁界（外部磁界又は信号磁界）
- 23・・・対向面
- 24・・・磁気記録媒体

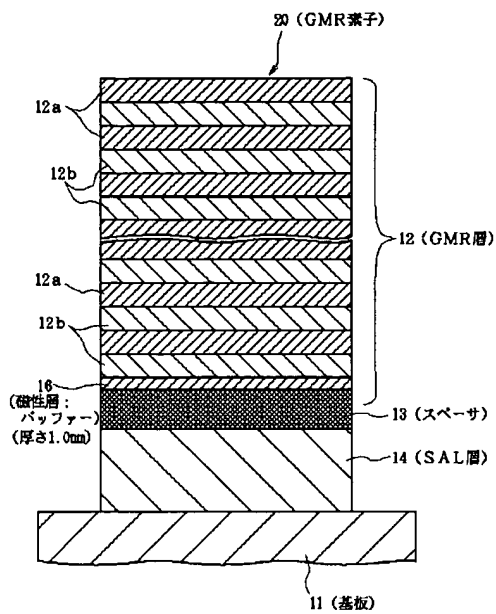
【図2】



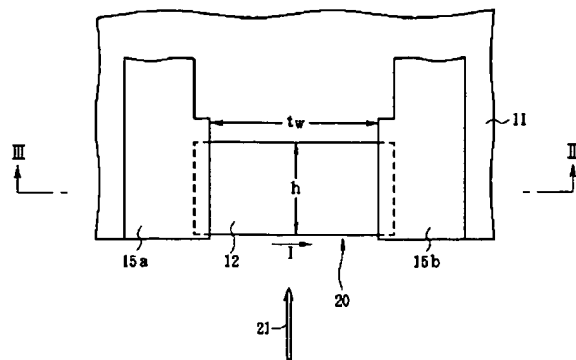
【図3】



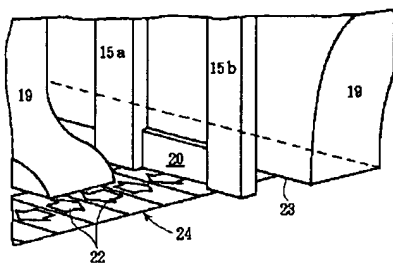
【図1】



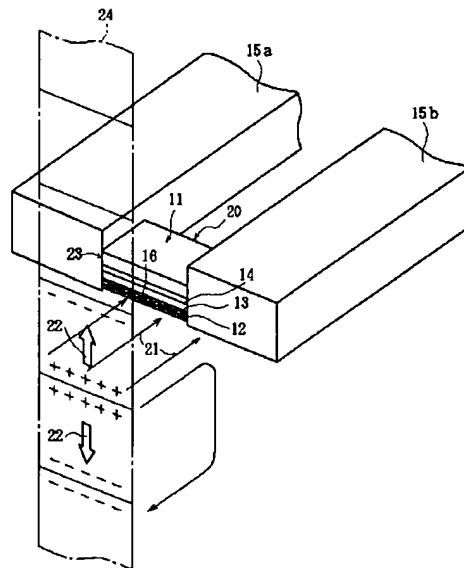
【図4】



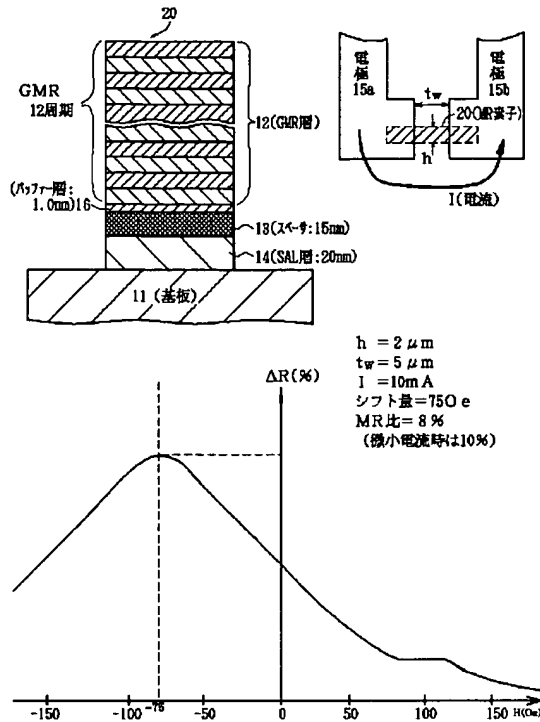
【図5】



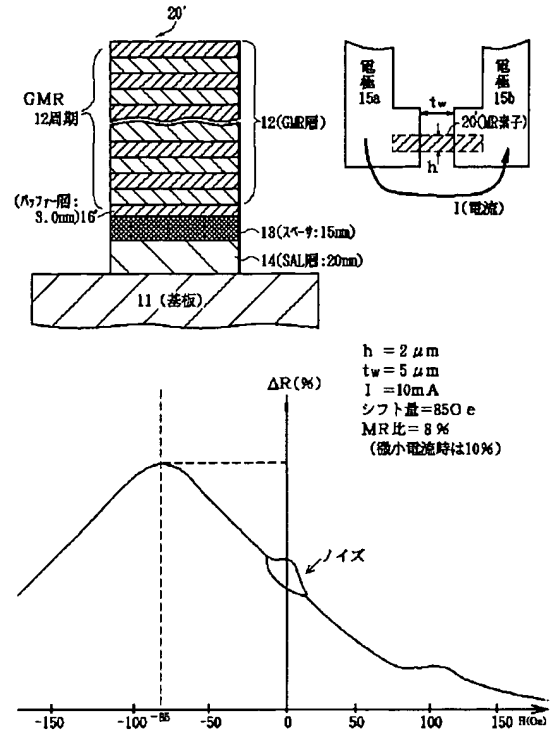
【図6】



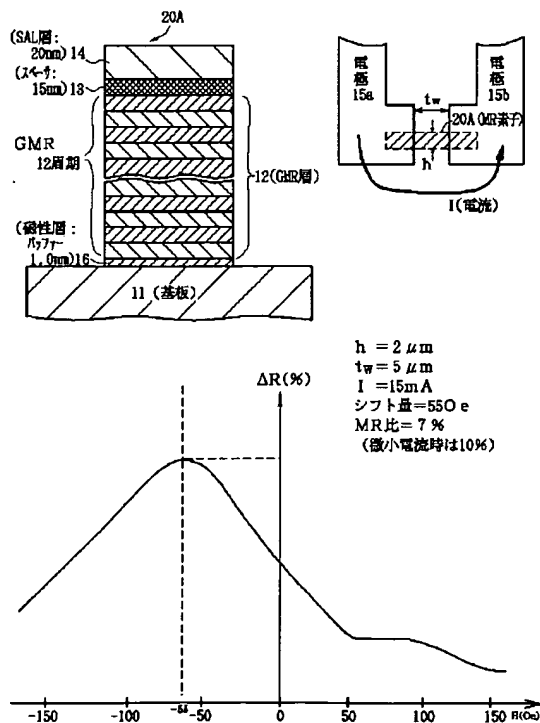
【図7】



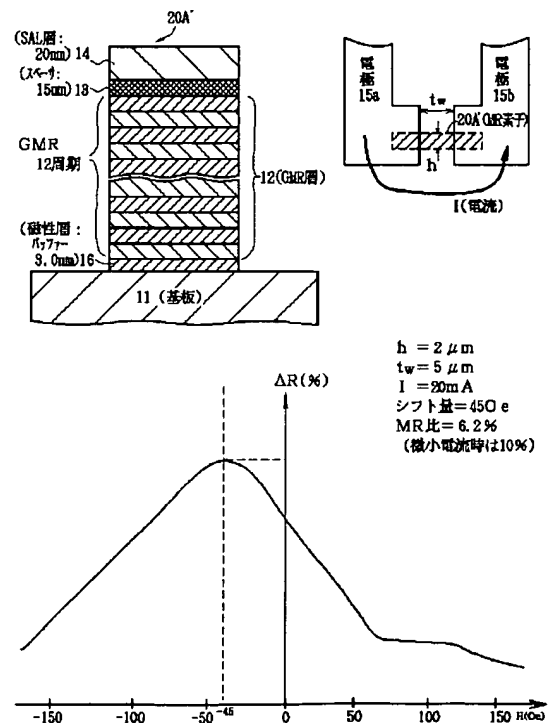
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

